

# 市政道路沥青路面水损害成因及防治技术研究

樊继荣 魏 军

陕西煤业化工建设(集团)有限公司路桥分公司 陕西 西安 710021

**摘要:** 市政道路沥青路面易受水分侵蚀引发水损害,严重影响道路使用寿命与行车安全。本文阐述了沥青路面水损害相关基础理论,分析了水损害的内外在成因,明确了表层与深层两类病害类型及特征,从材料、结构、施工、养护四个核心层面,提出针对性的防治技术优化方案。通过系统研究,揭示了水损害的形成机制,优化后的防治技术兼顾实用性与经济性,可有效减少水损害发生、延缓病害发展,为市政道路沥青路面水损害防控提供理论支撑与工程实践参考。

**关键词:** 市政道路; 沥青路面; 水损害成因; 防治技术

引言: 随着市政道路建设快速发展,沥青路面因平整性好、施工便捷等优势被广泛应用,但水损害问题日益突出,成为制约路面使用寿命的关键因素。降雨、冻融等环境因素与行车荷载、施工养护不当等相互作用,导致路面出现剥落、坑槽、沉陷等病害,不仅增加养护成本,还威胁行车安全。目前现有防治技术仍存在针对性不足等问题,因此,开展市政道路沥青路面水损害成因及防治技术研究,明确损害机制、优化防控措施,对提升市政道路工程质量、降低运维成本具有重要的理论与实践意义。

## 1 市政道路沥青路面水损害相关基础理论

### 1.1 沥青路面结构组成

市政道路沥青路面是多层次协同工作的复合结构,主要由面层、基层、垫层自上而下构成,各层功能互补、协同受力。面层作为直接与行车和环境接触的表层结构,多采用沥青混合料铺设,承担着耐磨、抗滑、平整的核心功能;基层为面层提供支撑,传递行车荷载至垫层,需具备足够的强度和稳定性;垫层位于基层下方,主要作用是隔温、隔水,保护基层免受地下水位和冻融作用影响。

### 1.2 水损害核心概念及表现形式

市政道路沥青路面水损害,是指水分通过路面空隙、裂缝或结构层界面渗入路面内部,在行车荷载和环境因素共同作用下,导致沥青路面性能劣化、出现各类病害的现象,其本质是水分破坏了沥青与集料之间的黏结作用,引发路面结构整体性下降。水损害的表现形式具有明显的阶段性和多样性,初期主要表现为路面局部潮湿、轻微松散,随着损害加剧,会出现表面剥落、坑槽、网裂等病害;严重时会导致基层软化、承载力下降,引发路面沉陷、断裂,甚至影响道路通行安全,其

中坑槽和剥落是市政道路沥青路面水损害最典型、最常见的表现形式,多集中在交叉口、下坡路段等积水易滞留区域。

### 1.3 水损害对沥青路面的危害

水损害对市政道路沥青路面的危害贯穿其使用寿命全过程,主要体现在三个方面。(1)破坏路面结构稳定性,水分渗入后软化基层、降低沥青与集料的黏结力,导致路面整体承载力下降,易引发结构变形、断裂;(2)影响行车安全性与舒适性,路面坑槽、松散、裂缝等病害会增大行车颠簸感,降低路面抗滑性能,雨天易引发车辆打滑,增加交通事故风险;(3)缩短路面使用寿命、增加养护成本,水损害会加速沥青老化和路面病害发展,原本设计使用年限的路面可能提前出现严重损坏,需频繁开展修补、铣刨重铺等养护工作,大幅增加市政道路养护的人力和物力投入,影响道路正常通行效率<sup>[1]</sup>。

## 2 市政道路沥青路面水损害内外在成因

### 2.1 市政道路沥青路面水损害内在成因分析

内在成因核心是路面材料性能与结构设计存在缺陷,导致路面自身抗水稳定性不足,为水分侵蚀提供了内部条件,具体表现为:(1)沥青材料自身性能缺陷。沥青作为沥青混合料的胶结材料,其性能直接影响路面抗水损害能力。普通基质沥青黏结性较差,长期接触水分后,沥青分子与集料表面的黏结力会显著下降,易发生剥离现象;同时,沥青抗老化能力不足,在日晒、温度变化等作用下会逐渐变硬、变脆,表面出现开裂,进一步加剧水分渗入,诱发路面松散、剥落等病害。(2)沥青混合料设计不合理。混合料级配与空隙率设计不当是内在成因的关键。若级配搭配失衡,粗集料比例过高或细集料填充不足,会导致混合料空隙率过大(超过6%),形成水分渗入的通道,使水分轻易进入路面内

部并长期滞留；油石比控制不合理、填料用量不足，会导致沥青无法均匀包裹集料表面，形成不完整的黏结界面，进一步降低混合料的密实度与抗水稳定性。（3）路面结构层协同性不足。市政道路沥青路面各结构层（面层、基层、垫层）协同工作能力不足，也会诱发水损害。基层、垫层透水性能与面层不匹配，若基层透水能力差，渗入面层的水分无法及时排出，会长期滞留于层间，软化基层材料；层间黏结不良，未合理喷洒黏层油、透层油，导致面层与基层分离，水分易沿层间缝隙渗入，破坏路面结构整体性。

## 2.2 市政道路沥青路面水损害外在成因分析

外在成因主要是外部环境、行车荷载及施工养护等因素，诱发并加剧水分对路面的侵蚀，具体表现为：

（1）环境与排水因素。降雨是水损害最直接的诱发因素，市政道路部分路段因横坡、纵坡设计不合理，或排水设施不完善、堵塞，导致降雨后路面长期积水，水分持续浸泡面层，加速沥青与集料的剥离；冻融循环会反复破坏路面结构，水分渗入路面空隙后，低温结冰体积膨胀，会加剧路面开裂，高温融化后水分进一步渗透，形成“冻融-侵蚀”恶性循环。（2）行车荷载因素。市政道路车流量大、车型复杂，重载车辆占比偏高，会显著加剧水损害。重载车辆行驶时，会对路面产生较大的垂直荷载与水平剪切力，将路面内部滞留的水分挤压形成“水压力”，反复作用下会破坏沥青与集料的黏结界面，导致集料脱落、形成坑槽；车辆反复碾压会加剧路面裂缝发展，为水分渗入提供更多通道。（3）施工与养护因素。施工工艺不规范会留下质量隐患，如混合料拌合、摊铺、碾压质量控制不严，导致路面密实度不足、空隙率过大；养护不及时也会加剧水损害，路面出现初期细小裂缝、松散等病害后，未及时排查修复，会使水分快速渗入，加速病害发展，最终导致路面出现严重坑槽、沉陷等问题<sup>[2]</sup>。

## 3 市政道路沥青路面水损害病害类型

水损害病害类型与水分渗入深度、作用时长及行车荷载叠加效应密切相关，按损害程度和表现形式，主要可分为表层病害与深层病害两大类，具体如下：（1）表层病害。此类病害多发生在路面表层，是水损害初期的典型表现，主要由水分作用于沥青面层表面及浅层集料引发。最常见的为剥落，表现为沥青从集料表面剥离，路面出现松散、掉粒现象，严重时表层沥青呈片状脱落，暴露下层集料；其次是坑槽，水分渗入面层空隙后，在行车荷载反复挤压下形成水压力，使沥青与集料黏结力丧失，集料脱落形成不规则坑洞，多集中在交叉

口、下坡、公交站点等积水滞留且荷载集中区域；表层网裂也是常见类型，水分侵蚀导致面层强度下降，在行车荷载作用下产生细小网状裂缝，进一步加剧水分渗入。（2）深层病害。此类病害由表层水损害持续发展、水分渗入基层引发，危害更为严重，直接影响路面结构稳定性。主要包括基层软化沉陷，水分下渗至基层后，使基层材料强度降低、承载力下降，在行车荷载作用下出现路面沉陷、平整度变差；其次是结构裂缝，基层软化后受力不均，引发面层纵向、横向裂缝，裂缝进一步成为水分渗入的通道，形成“水损害-裂缝”恶性循环；严重时会出现路面推移、拥包，水分破坏层间黏结，导致面层与基层分离，在水平荷载作用下出现路面推移、局部拥包，影响行车安全<sup>[3]</sup>。

## 4 市政道路沥青路面水损害防治技术优化

### 4.1 材料层面防治技术

材料是路面抵御水损害的基础，核心是提升沥青及混合料的水稳定性，阻断水分侵蚀路径，结合市政工程成本控制需求，具体优化如下：（1）改性沥青应用：提升沥青水稳定性。针对普通沥青黏结性差、遇水易剥离的缺陷，按路段荷载等级优化改性沥青选用。主干道、交叉口等重载积水路段，优先采用SBS改性沥青，其分子结构稳定，可显著提升沥青黏结强度、抗剪切能力和水稳定性；次干道、支路选用SBR改性沥青，兼顾经济性与防护效果。严格控制改性剂添加比例（3%-5%），优化拌合工艺，确保改性剂与基质沥青充分融合，避免离析，从材料本身增强抗水损害能力。（2）沥青混合料优化设计：调整级配、降低空隙率。优化混合料级配，采用密实式级配设计，调整集料粒径搭配，增强粗集料骨架作用和细集料填充效果，将空隙率严格控制在3%-6%，既保证透气性，又阻断水分渗入通道。合理确定油石比，确保沥青均匀包裹集料，形成完整黏结界面；掺入适量矿粉，提升混合料密实度和水稳定性，进一步强化防护性能。（3）抗剥落剂的合理选用与添加。针对沥青与集料黏结不足问题，选用环保长效型抗剥落剂，碱性集料用普通抗剥落剂，酸性集料用高效抗剥落剂。控制添加剂量（沥青质量的0.3%-0.5%），采用“抗剥落剂+沥青先混合、再与集料拌合”的工艺，确保均匀分布，充分发挥黏结增强作用，避免添加不当影响混合料性能<sup>[4]</sup>。

### 4.2 结构层面防治技术

核心是优化路面结构搭配、完善排水系统，加快水分排出，减少结构内滞留时间，结合市政道路地形地质特点，具体优化如下：（1）路面结构层优化：选用透水基层、加强层间黏结。采用透水基层材料（透水水泥稳

定碎石、沥青稳定碎石),快速排出渗入面层的水分,保护基层和路基稳定;地下水水位高、降雨量大区域,在基层与垫层间增设透水盲沟,提升排水效率。面层与基层、基层与垫层间喷洒黏层油、透层油(黏层油选用乳化沥青,喷洒量 $0.3-0.5\text{kg}/\text{m}^2$ ),确保层间黏结牢固,避免分离,形成协同抗水损害体系。(2)排水系统优化设计:路面坡度调整、排水设施完善。调整路面坡度,主干道横坡 $1.5\%-2.0\%$ ,次干道、支路 $1.0\%-1.5\%$ ,纵坡不小于 $0.3\%$ ,弯道、交叉口等易积水区域加大横坡、增设排水口。道路两侧设置路缘石排水槽,每 $20-30\text{m}$ 设一个排水口,与地下管网连通;人行道与车行道交界处增设拦水带,桥面、隧道出入口增设集水井和排水管道,优化排水路径,减少积水浸泡。

#### 4.3 施工层面防治技术

施工质量是防治技术落地的关键,核心是规范工艺、严控水分,避免施工缺陷,结合市政施工工期紧的特点,具体优化如下:(1)施工工艺规范:严控拌合、摊铺、碾压质量。优化拌合工艺,控制基质沥青( $140-160^\circ\text{C}$ )、改性沥青( $160-180^\circ\text{C}$ )拌合温度,拌合时间不少于 $45\text{s}$ ,确保混合均匀;严控混合料出场( $\geq 150^\circ\text{C}$ )和到场( $\geq 140^\circ\text{C}$ )温度,避免温度过低影响压实。摊铺采用大型摊铺机匀速作业( $2-3\text{m}/\text{min}$ ),确保厚度均匀、无离析;摊铺前清理基层杂物、浮尘和积水,保证表面平整。碾压遵循“初压-复压-终压”流程,确保压实度 $\geq 96\%$ ,降低空隙率。(2)施工过程中水分控制措施。严控路基含水率(最佳含水率 $\pm 2\%$ ),基层施工后采用塑料薄膜覆盖养护(不少于 $7\text{d}$ ),避免雨水浸泡。面层摊铺前,排除基层表面积水并晾干;雨天严禁摊铺,遇短暂降雨立即停工覆盖混合料,雨后检查合格方可复工。严控施工废水排放,避免浸泡路基、基层,保障施工质量。

#### 4.4 养护层面防治技术

核心是常态化日常养护、精准化病害修复,做到早发现、早处理,结合市政道路不宜长时间封闭的特点,具体优化如下:(1)日常养护:及时清理排水设施、排

查路面病害。建立常态化巡查机制,主干道每日1次、次干道及支路每2天1次,雨季增加频次。定期清理排水槽、排水口和地下管网杂物、淤泥,避免堵塞;雨季前全面排查修复破损排水设施。重点巡查易积水、重载区域,及时发现剥落、松散、细小裂缝等初期病害,建立档案,定期清理路面杂物和积水,延缓损害发展。(2)水损害病害修复技术:坑槽修补、裂缝密封等。坑槽采用“切割-清理-干燥-喷黏层油-填充碾压-养护”工艺,确保边缘整齐、填充密实,养护不少于 $4\text{h}$ ;裂缝宽度 $< 5\text{mm}$ 用密封胶密封, $> 5\text{mm}$ 采用开槽密封技术,防止水分渗入。轻微剥落松散铣刨表层后摊铺薄层混合料修复,严重者铣刨至坚实基层后重铺;基层软化沉陷需先更换合格基层材料,再修复面层,从根本上解决问题<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

本文围绕市政道路沥青路面水损害成因及防治技术展开全面研究,梳理了水损害相关基础理论,明确了内外在成因与两类病害类型,提出了涵盖材料、结构、施工、养护的全方位防治技术优化方案。研究表明,水损害是内外因协同作用的结果,唯有从源头把控材料与结构质量、规范施工流程、强化日常养护,才能实现水损害有效防控。后续可结合更多工程实例,进一步优化防治技术参数,为市政道路沥青路面长效运维提供更具针对性的技术支持。

#### 参考文献

- [1]谢从静.沥青路面水损害分析与防治[J].广东交通职业技术学院学报,2023,22(1):1-3,8.
- [2]刘晓宇.多雨地区沥青路面水损害机理与长效养护技术集成研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(9):112-115.
- [3]王亮桥.市政道路工程中沥青路面早期病害的成因及防治技术研究[J].现代工业工程,2025(11):82-84.
- [4]魏道斌.市政道路沥青路面裂缝成因及防治技术研究[J].葡萄酒,2022(8):0238-0239.
- [5]张璐璐,曹佳佳.市政道路水稳基层沥青路面裂缝成因分析及防治对策[J].现代工业工程,2025(11):50-53.